

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-028482

(43)Date of publication of application : 29.01.2002

(51)Int.Cl.

B01J 20/18

F25B 17/08

(21)Application number : 2001-110343

(71)Applicant : TOSOH CORP

(22)Date of filing : 09.04.2001

(72)Inventor : ITABASHI KEIJI

NAKANO MASAO

(30)Priority

Priority number : 2000113236 Priority date : 10.04.2000 Priority country : JP

2000113237

10.04.2000

JP

(54) ADSORBENT FOR HEAT PUMP AND HEAT PUMP SYSTEM USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an adsorbent of which the amount of dewatering when heated at a relatively low temperature is larger than that of already-known adsorbents in order to dissolve problems in the conventional technique and to provide an efficient heat pump system utilizing the same.

SOLUTION: This adsorbent for heat pump comprises a zeolite adsorbent for heat pump in which the amount of dewatering of the adsorbent when heated from the moisture saturation adsorption state at room temperature up to 100° C is ≥ 6 wt.%, the amount of dewatering when heated up to 200° C is ≥ 19 wt.% and the difference in the amount of dewatering up to 100-200° C is ≥ 6 wt.%, and one kind or more of aluminosilicate zeolite in which 50% or more of the exchanged ions are one kind or more of ions selected from the group of proton, bivalent and trivalent cations. This adsorbent for heat pump and this heat pump system for heating and/or cooling which features using the adsorbent is described in claim 1, claim 2, and claim 3.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-28482
(P2002-28482A)

(43) 公開日 平成14年1月29日 (2002.1.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
B 0 1 J 20/18		B 0 1 J 20/18	B 3 L 0 9 3
F 2 5 B 17/08		F 2 5 B 17/08	D 4 G 0 6 6
			Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2001-110343 (P2001-110343)	(71) 出願人	000003300 東ソー株式会社 山口県新南陽市関成町4560番地
(22) 出願日	平成13年4月9日 (2001.4.9)	(72) 発明者	板橋 慶治 山口県新南陽市川崎1-2-7
(31) 優先権主張番号	特願2000-113236 (P2000-113236)	(72) 発明者	中野 雅雄 山口県光市虹ヶ丘7-6-12
(32) 優先日	平成12年4月10日 (2000.4.10)	Fターム (参考)	3L093 NN04 4G066 AA61A AA61B AA62A AA62B AED4A AED4B CA43 DA03 EA20
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願2000-113237 (P2000-113237)		
(32) 優先日	平成12年4月10日 (2000.4.10)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 ヒートポンプ用吸着剤およびそれを用いたヒートポンプシステム

(57) 【要約】

【構成】本発明の目的は、従来技術の問題点を解決するために、比較的低温で加熱した時の水分脱離量が従来知られている吸着剤以上に大きい吸着剤を提供し、かつそれを利用した効率的ヒートポンプシステムを提供することにある。

【解決手段】室温での水分飽和吸着状態から100℃まで加熱した時の吸着剤の水分脱離量が6重量%以上、および200℃まで加熱した時の水分脱離量が19重量%以上であり、かつ100～200℃までの水分脱離量の差が6重量%以上であるヒートポンプ用ゼオライト吸着剤、及び、交換イオンの50%以上がプロトン、二価および三価金属陽イオンの群から選ばれる一種以上のイオンであるアルミノシリケートゼオライトの一種以上から成る請求項1、請求項2および請求項3記載のヒートポンプ用吸着剤、並びに、及び、当該吸着剤を用いることを特徴とする温熱用および、または冷熱用ヒートポンプシステム。

【特許請求の範囲】

【請求項1】室温での水分飽和吸着状態から100℃まで加熱した時の吸着剤の水分脱離量が6重量%以上、および200℃まで加熱した時の水分脱離量が19重量%以上であり、かつ100～200℃までの水分脱離量の差が6重量%以上であるヒートポンプ用ゼオライト吸着剤。

【請求項2】吸着剤がBEA、FAU型構造を有するアルミノシリケートゼオライトの一種以上から成る請求項1記載のヒートポンプ用吸着剤。

【請求項3】アルカリ水溶液中で加熱処理したゼオライトを用いることを特徴とする請求項1または請求項2記載のヒートポンプ用吸着剤。

【請求項4】交換イオンの50%以上がプロトン、二価および三価金属陽イオンの群から選ばれる一種以上のイオンであるアルミノシリケートゼオライトの一種以上から成る請求項1、請求項2および請求項3記載のヒートポンプ用吸着剤。

【請求項5】水分吸着-加熱脱着のサイクルを50回繰り返した後の水分脱離量維持率が、90%以上である請求項1、請求項2、請求項3および請求項4記載のヒートポンプ用吸着剤。

【請求項6】請求項1、請求項2、請求項3、請求項4および請求項5に記載の吸着剤を用いることを特徴とする温熱用および、または冷熱用ヒートポンプシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、比較的低温で加熱したときの水分脱離量が大きいヒートポンプ用吸着剤に関するものである。また、従来の天然または合成ゼオライトおよびその他の吸着剤では実現が困難であったゼオライト吸着剤利用のヒートポンプに関するものである。温熱用ヒートポンプは居住空間、作業空間の暖房、温水製造、化学物質の保温、冷却防止などの多くの用途に、また冷熱用ヒートポンプは居住空間、作業空間の冷房、冷水や水の製造、化学物質や食料品の冷却、冷蔵や凍結乾燥などの多くの用途に利用できる。

【0002】

【従来の技術】吸着剤を利用したヒートポンプのアイデアは古くから提案されており、例えば、D. I. Tchernyev氏による報告(Natural Zeolites, Pergamon Press, pp. 479-485, 1978) および Proceedings of 5th International Zeolite Conference, Heyden, pp. 788-794, 1980) には天然ゼオライトを用いた水の吸着熱による温熱の利用と、太陽熱による脱水後、水分吸着時の水の蒸発潜熱による冷熱利用のシステムが提案されている。また、埴田博史氏による報告(太陽エネルギー、vol. 8, No. 1, pp. 28

-37およびvol. 8, No. 4, pp. 13-2

2)によれば、A型やX型などの合成ゼオライトを利用するヒートポンプシステムの研究も行われている。しかしながら、これらの研究は何れも実用化には至っていない。吸着剤利用ヒートポンプの効率を上げるためには、低温再生または太陽熱や低温排熱の利用を前提とするため、比較的低い温度で加熱再生した時の水分再吸着容量が大きい吸着剤がこれまでは存在しなかったためである。またそのために十分な水の蒸発潜熱も利用できず、冷熱利用も不十分にならざるを得なかった。

【0003】

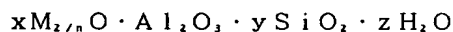
【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術の問題点を解決するために、比較的低温で加熱した時の水分脱離量が従来知られている吸着剤以上に大きい吸着剤を提供し、かつそれを利用した効率的ヒートポンプシステムを提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは従来技術の問題点を解決するために、ゼオライトの構造、組成、交換イオン種との組合せの検討、およびゼオライトの化学的処理について検討を重ねた結果、比較的低温で加熱したときの水分脱離量が従来にない大きな値を有するゼオライトを見出し、そしてそれらがヒートポンプシステム用吸着剤に適していることをあわせて見出した。

【0005】室温での水分飽和吸着状態から100℃まで加熱した時の吸着剤水分脱離量が6重量%以上および200℃まで加熱した時の水分脱離量が19重量%以上であり、かつ100～200℃までの水分脱離量の差が6重量%以上であれば、例えば200℃以下の低温再生または太陽熱や低温排熱などの利用が可能であり、十分量の吸着熱を回収できる。また、水分蒸発時の蒸発潜熱を冷熱源として回収することもできる。それを実現できる吸着剤は以下に述べるゼオライト系アルミノシリケート多孔質物質の一種以上から成る吸着剤である。

【0006】本発明に用いられる吸着剤は、ゼオライト結晶合成後、適切な処理を施して初めて使用可能な状態となる。ゼオライトは多孔質結晶性アルミノ珪酸塩であり、一般式



(ここで、nは陽イオンMの原子価、xは0.8～1.2の範囲の数、yは2以上の数、zは0以上の数)で表される。

【0007】ここで陽イオンMはアルミノ珪酸塩骨格の負電荷を補償するために結合しているものである。一般的には、陽イオンMはアルカリ金属やアルカリ土類金属および/または有機陽イオンであるが、他の金属陽イオンと容易に交換することができる。また、鉍酸類で処理するか、あるいはアンモニウム塩でイオン交換したアンモニウム型を熱処理してプロトン型として使用する場合もある。ゼオライトの骨格構造は、珪素及びアルミニウ

ムを中心として4つの酸素が配位した四面体が酸素を共有して三次元的に規則正しく結合したものである。その結晶構造は粉末X線回折図で特徴づけられ、数多くの種類が公知である。ゼオライトはその構造中に約3〜約10Åの大きさの細孔を有しており、その細孔径と細孔構造はゼオライトの種類により特徴づけられる。

【0008】本発明に用いられるゼオライトの中で好ましいものは、BEAおよびFAU型構造のゼオライトである。BEA型構造を有するゼオライトは、一般的に有機アミン類を添加して合成され、結晶化後も有機アミン類は結晶中に残存するので、焼成除去する必要がある。また含有陽イオンを適切な陽イオンに交換して使用する。また、FAU型構造を有するゼオライトは一般的には有機アミン類を添加せずに合成されるので、合成後の結晶を適切な陽イオンに交換した後、吸着剤として使用する。

【0009】BEA型やFAU型構造を有するゼオライト骨格の組成 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比は、結晶合成時の反応混合物組成に依存し、低い値のゼオライトを用いることが好ましい。ゼオライト骨格の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比を低くする方法のひとつとして、ゼオライトをアルカリ水溶液中で加熱処理する方法があり、本発明のゼオライト吸着剤を調製する方法として有効である。アルカリ水溶液は例えば水酸化ナトリウムや水酸化カリウムの水溶液が一般的に用いられ、その濃度は特に限定されないが0.1〜10%程度のものが好適に使用される。アルカリ水溶液の濃度が低い場合には、比較的高い温度で長時間処理した時に、またアルカリ水溶液の濃度が高い場合には、比較的低い温度で短時間処理した時に、本発明に適した水分脱離量の多いゼオライトが得られ易い。最適な条件はゼオライトの種類に応じて決められる。

【0010】このようにして得られたゼオライトは、次にイオン交換が行われる。交換イオンはプロトン、二価および三価金属陽イオンの群から選ばれた1種以上のイオンが好適に使用され、その交換率は50%以上であることが好ましい。50%以下の交換率ではイオン交換による水分吸着容量増加の効果が十分ではない。プロトンイオン交換の場合は、アンモニウムイオン交換を行った後、加熱処理してアンモニアを脱離する方法でも良いし、希薄な鉍酸水溶液を用いて直接交換しても良い。また、二価、三価金属陽イオンの場合は、塩化物、硝酸化合物、酢酸化合物などの塩類水溶液を用いてイオン交換を行えばよい。

【0011】本発明で使用されるゼオライトは熱に対して非常に安定な結晶であり、水分吸着-加熱脱着のサイクルを繰り返してもゼオライト構造はほとんど変化せず、水分脱離量の低下もほとんどないことが大きな特徴である。水分脱離特性の安定性は、下記に示す水分脱離量維持率を求めることにより評価することができる。

【0012】これに対して、シリカ系吸着剤特にシリカ

ゲルやメソポーラスシリカと称される化合物は結晶性化合物でないため、水分の吸着-脱着の繰り返しにより $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合が変化し、水分再吸着容量が低下する。これらの詳細については、X. S. Zhaoらによる報告(J. Phys. Chem., B Vol. 102, pp. 4143-4146, 1998)およびS. Inagakiらによる報告(Studies in Surface Science and Catalysis, Vol. 117, MESOPOROUS MOLECULAR SIEVES 1998, pp. 65-76, 1998)などに記載されている。

【0013】前記した吸着剤をヒートポンプシステムに使用する際の吸着剤の形態は特に限定されない。小型装置の場合は微小結晶粉末をそのまま用いてもよいし、吸着剤スラリーを熱交換器表面に塗付する方法を用いてもよい。大型装置においては吸着剤充填量が多くなるため、粉末状で充填すると水蒸気の拡散が妨げられ、全吸着剤に効率的に水分を吸着させることが困難である。そこで粒状に成形した吸着剤を用いれば成形体空隙が水蒸気拡散通路となり、効率的に水分を吸着させて吸着熱を回収することができる。また、十分な水分蒸発による蒸発潜熱を回収することもできる。粒状成形体の形状は特に限定されず、容器の大きさや充填密度を考慮して形状、大きさが選択される。成形のためのバインダーや成形助剤も特に限定されないが、熱交換を効率的に行うために、熱伝導度を上げる工夫をすることが好ましい。

【0014】これらの吸着剤を用いたヒートポンプシステムは、社会のあらゆる分野の温熱、冷熱を必要とする場所で利用することができる。温熱利用例としては空調用暖房、温水製造、保温貯蔵庫などが挙げられ、冷熱利用例としては、空調用冷房、冷蔵庫、冷凍庫、ハンディクーラー、電子機器冷却、コンピュータのCPU冷却など、また凍結乾燥や低温乾燥などにも応用することができる。吸着剤の再生用熱源としては各種の低温工場排熱や夜間電力を有効に利用することができる。またこれらの熱源に加えて、自然エネルギーである地熱、温泉熱、太陽熱などを組み合わせて利用することもできる。また、今後利用が普及すると予想される燃料電池システムの排熱を利用すれば、冷熱が容易に得られるのでその効率は飛躍的に増大し、ヒートポンプシステムの応用も拡大することが期待される。

【0015】上記したヒートポンプ用吸着剤の水分脱離量および水分脱離量維持率は以下に述べる方法で測定し、以下の式により求める。ただし、精度が十分であれば熱分析装置の機種は問わない。

<水分脱離量測定法>飽和塩化アンモニウム水溶液を入れた相対湿度80%の真空デシケータ中に試料を入れ、脱気した後17時間以上静置し、室温で水分を飽和量吸着させる。取出した試料を熱分析装置の試料皿にセットし、その時の試料重量(W_s)を読み取る。昇温速度を

3℃/毎分とし、雰囲気ガスを流通させずに300℃まで加熱する。室温状態から100℃まで加熱した時の重量 (W_{100}) および200℃まで加熱したときの重量 *

100℃の水分脱離量 (重量%)

200℃の水分脱離量 (重量%)

<水分脱離量維持率算出法>上記の方法で求めた初期の水分脱離量を Q_1 、水分吸着-300℃加熱脱着のサイクルを50回繰り返した後、上記の方法で求めた水分脱離量を Q_{50} とする。以下の式により水分脱離量維持率を求める。

【0017】

水分脱離量維持率 (%) = $(Q_{50}/Q_1) \times 100$

<BEA型ゼオライトの合成と前処理>ナトリウムアルミノシリケートゲルスラリーにアルカリ源として水酸化ナトリウム、テンプレート剤としてテトラエチルアンモニウムヒドロキシドを添加し、150℃、48時間自生圧力下で加熱して SiO_2/Al_2O_3 比=16.5、17.5および27.0のBEA型ゼオライトを合成した。これらのゼオライトを洗浄後塩化アンモニウム水溶液を用いてアンモニウムイオン交換を行った。洗浄して乾燥後600℃で焼成してテンプレート剤を除去し、H

型BEA型ゼオライトを調製した。イオン交換率は99%であり、残りは Na^+ イオンであった。
<MCM-41の合成と前処理>M. Gruenらの報告 (Microporous and Mesoporous Materials, Vol. 27, pp. 2※

* (W_{100}) を読み取る。以下の式により水分脱離量を求める。

【0016】

= $(W_s - W_{100}) / (W_s) \times 100$

= $(W_s - W_{200}) / (W_s) \times 100$

※07-216, 1999)に基づき、MCM-41を合成した。テンプレート剤としてn-ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロマイド、シリカ源としてテトラエトキシシランを用いた。このMCM-41の粉末を空气中で550℃で焼成してテンプレート剤を除去した。得られたMCM-41の細孔径はXRD回折データから43Åであった。

【0018】

【実施例】以下、実施例において本発明を詳細に説明する。しかし、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

<実施例1~3> SiO_2/Al_2O_3 比=16.5、17.5および27.0のH型BEA型ゼオライトを100℃で24時間乾燥後、水分脱離量測定法に従って水分を飽和量吸着させた。この試料を熱分析装置 (マックスサイエンス社製熱分析装置TG-DTA2000) で熱分析を行った。室温から100℃、200℃の水分脱離量および100~200℃までの水分脱離量の差はそれぞれ下記のとおりであった。

【0019】

【表1】

脱離量 (%)

	SiO_2/Al_2O_3 比	100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例1	16.5	12.8	20.3	7.5
実施例2	17.5	17.2	23.4	6.2
実施例3	27.0	10.8	19.7	8.9

<実施例4~6>実施例1~3で用いた試料を空气中で300℃で水分を加熱脱離後、再度相対湿度80%の真空デシケータ中に入れ、水分を飽和量吸着させるサイクルを50回繰り返した。その後、初回と同様の操作により水分脱離量を求めた。結果は以下のとおりであった。★

脱離量 (%)

	SiO_2/Al_2O_3 比	100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例4	16.5	12.5	20.3	7.8
実施例5	17.5	17.1	23.5	6.4
実施例6	27.0	10.4	19.3	8.9

<実施例7, 8> SiO_2/Al_2O_3 比=2.0のFAU型ゼオライトを塩化亜鉛水溶液および塩化マンガン水溶液を用いて Zn^{2+} および Mn^{2+} 交換体を作成した。それぞれの試料中の Zn^{2+} および Mn^{2+} 以外のイオンは Na^+ と K^+ であった。実施例1と同様の方法で各試料の水

★水分脱離量維持率 (Q_{50}) は何れの場合も90%以上であった。

【0020】

【表2】

分脱離量を測定した。その結果は以下のとおりであった。

【0021】

【表3】

		脱離量 (%)		
イオン交換率 (%)		100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例7	Zn ²⁺ : 65	7.0	19.3	12.3
実施例8	Mn ²⁺ : 88	6.3	19.4	13.1

<実施例9~11> SiO₂/Al₂O₃比=2.6のFAU型ゼオライトをそれぞれ塩化マグネシウム、塩化亜鉛および塩化マンガンの各水溶液を用いてMg²⁺、Zn²⁺およびMn²⁺交換体を作成した。それぞれの試料のMg²⁺、Zn²⁺およびMn²⁺以外のイオンはNa⁺であった。*

*た。実施例1と同様の方法で各イオン交換体の水分脱離量を測定した。その結果は以下のとおりであった。

【0022】

【表4】

		脱離量 (%)		
イオン交換率 (%)		100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例9	Mg ²⁺ : 73	6.1	19.9	13.8
実施例10	Zn ²⁺ : 77	6.3	20.2	13.9
実施例11	Mn ²⁺ : 71	6.1	20.6	14.5

<実施例12~15> SiO₂/Al₂O₃比=5.6のFAU型ゼオライトをそれぞれ塩化アンモニウム、塩化マグネシウム、塩化亜鉛および塩化マンガンの各水溶液を用いてNH₄⁺、Mg²⁺、Zn²⁺およびMn²⁺交換体を作成した。それぞれの試料のNH₄⁺、Mg²⁺、Zn²⁺およびMn²⁺以外のイオンはNa⁺であった。NH₄⁺型は*

※500℃で焼成してH⁺型とした。実施例1と同様の方法で各イオン交換体の水分脱離量を測定した。その結果は以下のとおりであった。

【0023】

【表5】

		脱離量 (%)		
イオン交換率 (%)		100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例12	H ⁺ : 68	10.4	19.2	8.8
実施例13	Mg ²⁺ : 69	6.5	21.0	14.5
実施例14	Zn ²⁺ : 70	6.3	21.3	15.0
実施例15	Mn ²⁺ : 71	6.6	22.2	15.6

<実施例16, 17> SiO₂/Al₂O₃比=17.5のBEA型ゼオライトおよびSiO₂/Al₂O₃比=5.6のFAU型ゼオライトを塩化ランタン水溶液を用いてLa³⁺交換体を作成した。それぞれの試料La³⁺以外のイオンはH⁺とNa⁺であった。実施例1と同様の方★

★法で各試料の水分脱離量を測定した。その結果は以下のとおりであった。

【0024】

【表6】

		脱離量 (%)		
ゼオライトと イオン交換率 (%)		100℃	200℃	脱離量差 (%)
実施例16	BEA, La ³⁺ : 64	14.2	20.8	6.6
実施例17	FAU, La ³⁺ : 65	6.2	19.4	13.2

<実施例18, 19> SiO₂/Al₂O₃比=16.5のBEA型ゼオライトおよびSiO₂/Al₂O₃比=2.6のX型ゼオライトをそれぞれ1%NaOH水溶液中で5時間および3%NaOH水溶液中で3時間、60℃で処理をした。BEA型ゼオライトはその後、NH₄⁺イオン交換した後500℃で焼成してH⁺型とした。処

理後のそれぞれのゼオライトのSiO₂/Al₂O₃比は11.7および2.5であった。実施例1と同様の方法で各試料の水分脱離量を測定した。その結果は以下のとおりであった。

【0025】

【表7】

	ゼオライトと イオン交換率(%)	脱離量 (%)		
		100℃	200℃	脱離量差(%)
実施例18	BEA, H ⁺ :99	19.1	26.6	7.5
実施例19	FAU, Na ⁺ :100	6.5	19.2	12.7

<実施例20~24>実施例7、9、12、15および18で用いた試料を空气中で300℃で加熱脱水後、再度相対湿度80%の真空デシケータ中に入れ、水分を飽和量吸着させるサイクルを50回繰り返した。その後、初回と同様の操作により水分脱離量を求めた。結果は以*

*下のとおりであった。水分脱離量維持率(Q₉₀)は何れの場合も90%以上であった。

【0026】

【表8】

	(SiO ₂ /Al ₂ O ₃ 比) イオン交換率(%)	脱離量 (%)		
		100℃	200℃	脱離量差(%)
実施例20	FAU (2.0), Zn ²⁺ :65	8.8	19.2	12.4
実施例21	FAU (2.6), Mg ²⁺ :73	6.0	19.9	13.9
実施例22	FAU (5.6), H ⁺ :68	10.2	19.0	8.8
実施例23	FAU (5.6), Mn ²⁺ :71	6.5	22.1	15.6
実施例24	BEA (11.7), H ⁺ :99	18.8	26.2	7.4

<比較例1~6>NaA型ゼオライト及び塩化カリウム水溶液と塩化カルシウム溶液を用いてNaA型ゼオライトのK⁺及びCa²⁺イオン交換体を作成し、また実施例で使用したものと同一塩類水溶液を用いて二価金属イオンに交換した。これらの試料を実施例1と同様の方法で*

*水分脱離量を求めた。その結果は以下のとおりであった。

【0027】

【表9】

	イオン交換率 (%)	脱離量 (%)		
		100℃	200℃	脱離量差 (%)
比較例1	Na ⁺ :100	6.3	18.5	12.2
比較例2	K ⁺ :45	4.2	14.9	10.7
比較例3	Ca ²⁺ :75	5.8	14.6	8.7
比較例4	Mg ²⁺ :72	6.3	18.3	12.0
比較例5	Zn ²⁺ :68	5.1	14.5	9.4
比較例6	Mn ²⁺ :88	4.2	16.1	11.9

<比較例7~8>SiO₂/Al₂O₃比の異なるNa型のFAU型ゼオライトを実施例1と同様の方法で水分脱離量を求めた。その結果は以下のとおりであった。

★【0028】

【表10】

★40

	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ 比	脱離量 (%)		
		100℃	200℃	脱離量差 (%)
比較例7	2.0	5.1	15.8	10.7
比較例8	2.6	5.5	16.9	11.4

<比較例9>テンプレート剤を除去したMCM-41を実施例1と同様の方法で水分脱離量を求めた。その結果は以下のとおりであった。

【0029】

【表11】

	脱離量 (%)		
	100℃	200℃	脱離量差 (%)
比較例9	20.5	23.3	2.8

この試料を実施例4～7と同様の方法で水分吸着－脱着のサイクルを3回繰り返した後の水分脱離量維持率（Q

）を求めた結果、100℃および200℃における値は71%および68%であった。